

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



10 DEC 2004



(43) 国際公開日
2003 年 12 月 18 日 (18.12.2003)

PCT

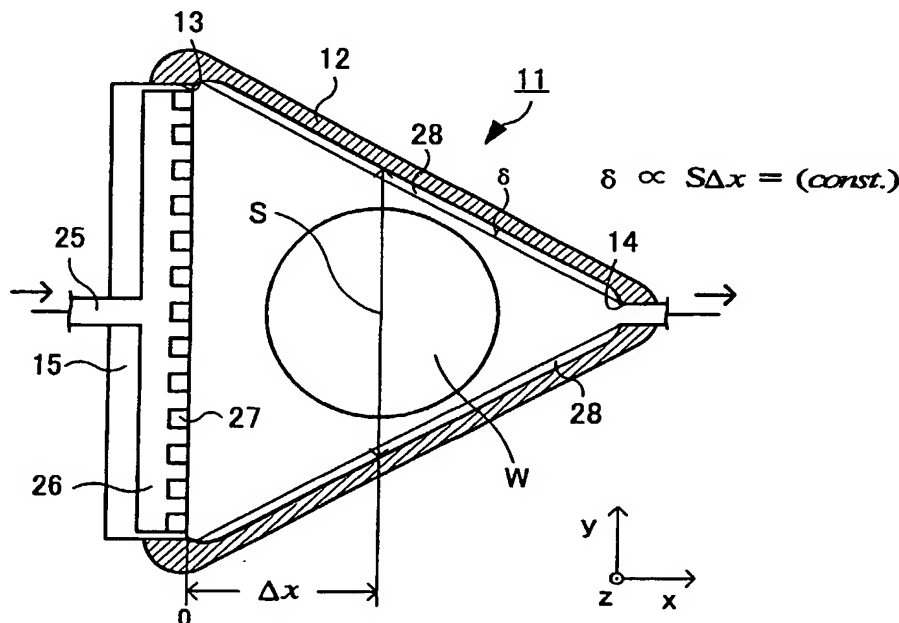
(10) 国際公開番号
WO 03/104525 A1

- (51) 国際特許分類: C23C 16/455, H01L 21/31 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP03/07293 (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 石坂 忠大 (ISHIZAKA, Tadahiro) [JP/JP]; 〒407-0192 山梨県 韮崎市 穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP). 軍司 勲男 (GUNJI, Isao) [JP/JP]; 〒407-0192 山梨県 韮崎市 穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP). 河南 博 (KANNAN, Hiroshi) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 東京エレクトロン株式会社内 Tokyo (JP). 沢田 郁夫 (SAWADA, Ikuo) [JP/JP]; 〒407-0192 山梨県 韮崎市 穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP). 小島 康彦 (KOJIMA, Yasuhiko) [JP/JP]; 〒407-0192 山梨県 韮崎市 穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP).
(22) 国際出願日: 2003 年 6 月 9 日 (09.06.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2002-169321 2002 年 6 月 10 日 (10.06.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都 港区 赤坂五丁目 3 番 6 号 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: PROCESSING DEVICE AND PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: 処理装置及び処理方法



(57) Abstract: A chamber (12) having a substantially triangular cross-section has at one side thereof a gas supply port (13) and at its apex opposed thereto an exhaust port (14). Further, the gas supply port (13) is provided with a shower head-like gas supply section (15). Thereby, the chamber (12) is arranged such that the cross-sectional area (S) of a gas flow channel formed to extend from the gas supply port (13) to the exhaust port (14) gradually decreases toward the gas supply direction (x-direction). At this time, the thickness (δ) of the boundary layer (28) formed on the wall surface of the chamber (12) is substantially constant.

(57) 要約: 略三角形の横断面を有するチャンバ(12)の一边にガス供給口(13)を設け、これと対向する頂点に排気口(14)を設ける。さらに、ガス供給口(13)に、シャワーヘッド状のガス供給部(15)を

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY



(74) 代理人: 木村 満 (KIMURA, Mitsuru); 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2階
Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

設ける。これにより、チャンバ(12)を、ガス供給口(13)から排気口(14)にかけて形成されるガスの流路断面積Sが、ガスの供給方向(x方向)に向かって次第に減少するように構成する。このとき、チャンバ(12)の壁面に形成される境界層(28)の厚さ δ は、ほぼ一定となる。

1

明細書

処理装置及び処理方法

技術分野

- 5 本発明は、半導体ウェハ等の被処理体に、所定の表面処理を施す処理装置及び処理方法に関する。

背景技術

- 10 現在、半導体集積回路の微細化、高集積化が進行した結果、基板等の基板表面に形成される配線溝等のパターンの微細化が進行している。これにより、配線金属の下地膜として薄膜を形成する場合など、微細な配線溝内に極めて薄い膜を均一に、良好なカバレッジで形成することが求められる。このため、近年、微細な溝内にも、良好な膜質で、原子層レベルの膜を形成可能な方法として、原子層堆積法（Atomic Layer Deposition：ALD）と呼ばれる方法が開発されている。

- 15 ALDは、例えば、以下のような工程から構成される。以下に示す例では、配線パターン（配線溝）が形成された基板の表面に、四塩化チタンガスおよびアンモニアガスを用いて、窒化チタンからなる下地膜を形成する場合について説明する。

- まず、チャンバ内に基板を収容し、チャンバ内を所定の真空度まで減圧する。
20 続いて、チャンバ内に四塩化チタンガスを所定時間導入する。これにより、基板の表面に四塩化チタン分子が多層に吸着する。その後、チャンバ内を不活性ガスでパージし、これにより、基板表面に吸着したほぼ1層分の四塩化チタン分子を除いて、チャンバ内から四塩化チタンを除去する。

- パージ後、チャンバ内にアンモニアガスを所定時間導入する。これにより、基
25 板の表面に吸着した四塩化チタン分子とアンモニア分子とが反応して、基板の表面にほぼ1原子層分の窒化チタン層が形成される。このとき、形成された窒化チタン層の上には、アンモニア分子が多層に吸着している。その後、チャンバ内を不活性ガスでパージし、窒化チタン層上に吸着したほぼ1層分のアンモニア分子を除いて、チャンバ内からアンモニア分子を除去する。

続いて、再び、四塩化チタンガスをチャンバ内に所定時間導入する。これにより、吸着したアンモニア分子と四塩化チタンとが反応して新たな窒化チタン層が形成される。すなわち、この状態ではほぼ2原子層の窒化チタン層が形成されていることになる。

- 5 また、このとき、窒化チタン層上には四塩化チタン分子が多層に吸着している。その後、チャンバ内を不活性ガスでパージすることにより、窒化チタン層上にほぼ1層分の四塩化チタンが吸着した状態となる。その後、上記のように、アンモニアガスの導入、パージ、四塩化チタンガスの導入、パージ、…、というように、チャンバ内の雰囲気を取り替えて、所定原子層分、すなわち、所定厚さの窒化チタン層を形成する。例えば、チャンバ内のガス雰囲気を数百～数千回切り替えることにより、数nm～数十nmの窒化チタン膜を形成することができる。従って、このALDを用いて高いスループットを得るには、ガス雰囲気の切り換えを高速に行う必要がある。
- 10

- 上記ALDでは、チャンバ内のガス雰囲気の切り換えを多数回、高速で行うが、
- 15 この場合、チャンバの内部表面や基板上に形成される境界層の影響が無視できない。通常、ガス等の流体が壁面等（基板面を含む）によって画定された空間内を流れる場合、壁面等に近しい領域には、流体が壁面等に粘着されることによって境界層が形成される。境界層内部の速度場は、壁面等に略平行な速度成分のみから構成されるため、ガスの混合が起こり難く、境界層の厚さ方向では、実質的にガスは拡散によってのみ移動する。
- 20

- 一般に、完全流体の流れ場を想定した流体方程式を解くと、慣性項に対する粘性項の影響を無視できない境界層の存在が導かれることが知られている。境界層の壁面からの厚さ δ は、流体の粘性係数 μ 、流体の密度 ρ 、流速 U 、流体の流れる方向の所定地点からの距離 Δx を用いて、式(1)のように表わせる。式(1)に示すように、境界層の厚さ δ は距離 Δx の平方根に比例する。すなわち、図7に概略的に示すように、流体が x 方向に流れるにつれて、境界層の厚さ δ が増大し、境界層は拡大する。
- 25

$$\delta = (\mu \Delta x / \rho U)^{1/2} \quad \dots \dots (1)$$

ここで、境界層の最内層（壁面と接する側）では、実質的に x 方向の速度は零

であり、一方、境界層の最外層では、 x 方向の速度は流体全体の x 方向の速度にほぼ等しい。すなわち、境界層内部において、 x 方向の平均流速は流体全体の x 方向の速度よりも小さい。従って、境界層の発達とともに、流体全体としての(x 方向の)速度は低下する。

- 5 チャンバ内にガスを供給した場合も同様に、チャンバの壁面近くに形成される境界層によって、ガスの供給側（例えば、ガス供給口）から排気側（例えば、排気口）との間で流速の低下が生じる。このような流速の低下は、上記ALDのように、高速なガス雰囲気の切り換えが求められる場合には大きな問題となる。

- 10 また、上述したように、境界層内でのガスの混合は起こり難いので、チャンバ内の雰囲気ガスを切り換えたときであっても、結果的に境界層内のガスは切り替わり難い。このため、境界層の発達は、境界層を含むチャンバ内全体のガスを十分に切り換えるための時間を増大させ、生産性を低下させる。

- 15 このように、ガスの給気側から排気側にかけての境界層の拡大が低減されるように考慮された、高速な雰囲気の切り換えが可能な、生産性の高い処理装置は、従来なかった。

発明の開示

上記実状に鑑みて、本発明は、高速な雰囲気の切り換えが可能な、生産性の高い処理装置及び処理方法を提供することを目的とする。

- 20 上記目的を達成するため、本発明の第1の観点に係る処理装置は、
チャンバと、
前記チャンバに設けられ、前記チャンバ内に所定のガスを供給するためのガス供給口と、
前記チャンバに前記ガス供給口と対向するように設けられ、前記チャンバ
25 内を排気するための排気口と、
を備える原子層レベルの層から構成される膜を形成する処理装置であって、
前記チャンバは、前記ガス供給口から前記排気口に向かう前記ガスの流路断面が、前記ガス供給口から前記排気口に向かって漸減するように構成されている、
ことを特徴とする。

上記目的を達成するため、本発明の第2の観点に係る処理装置は、
チャンバと、

前記チャンバに設けられ、前記チャンバ内に複数種のガスを交互に供給するガス供給手段に接続されるガス供給口と、

- 5 前記チャンバに前記ガス供給口と対向するように設けられ、前記チャンバ内を排気する排気手段に接続される排気口と、
を備え、

前記チャンバは、前記ガス供給口から前記排気口に向かう前記ガスの流路断面が、前記ガス供給口から前記排気口に向かって漸減するように構成されている、

- 10 ことを特徴とする。

上記構成によれば、ガス供給口から排気口にかけてのガスの流速低下が抑えられ、これにより、チャンバ内雰囲気の高速な切り換えが可能となる。そのため、生産性の高い処理が可能となる。

- 前記チャンバは、例えば、前記ガスの流路断面が、前記ガス供給口からの距離
15 に応じて減少するように構成されている。

前記チャンバは、前記チャンバ内に前記ガスが供給されたときに、前記ガスの流れ方向に沿った前記チャンバの壁面に形成される境界層の厚さが略一定になるように構成されていることが好ましい。

- また、前記チャンバは、前記チャンバ内に前記ガスが供給されたときに、前記
20 ガスの流れ方向に沿って前記チャンバ内に配置された基板上に形成される境界層の厚さが略一定になるように構成されていることが望ましい。

- すなわち、例えば、流路断面がガス供給口からの距離と反比例するように構成し、及び／又はチャンバの壁面に形成される境界層がほぼ一定となるように構成することにより、境界層によるガス流速の低下および雰囲気の切り換え速度の低下が抑制される。さらに、基板上に形成される境界層の厚さがほぼ一定になる場合
25 には、基板主面内の処理の均一性が一層向上する。

上記目的を達成するため、本発明の第3の観点に係る処理装置は、
チャンバと、

前記チャンバに設けられ、前記チャンバ内に複数種のガスを交互に供給す

るガス供給手段に接続されるガス供給口と、

前記チャンバに設けられ、前記チャンバ内を排気する排気手段に接続される排気口と、

を備え、

- 5 前記チャンバは、前記ガスの供給方向に対して略垂直の方向から見て略三角形の断面を有し、前記ガス供給口は前記断面の一边のほぼ全体に設けられ、前記排気口は前記断面の前記一边に対向する頂点部分に設けられている、ことを特徴とする。

上記目的を達成するため、本発明の第4の観点に係る処理方法は、

- 10 チャンバ内に複数種のガスをガス供給口から交互に供給して、前記チャンバ内の雰囲気を取り換えながら、前記チャンバ内に配置された基板を処理する方法であって、

前記ガス供給口から所定のガスを前記チャンバ内に供給するガス供給ステップと、

- 15 前記ガス供給ステップにて供給された前記所定のガスを、前記ガス供給口からの距離に応じて減少する流路断面を有するように、前記チャンバ内を流すガス流通ステップと、を備える、

ことを特徴とする。

- 20 前記ガス流通ステップにて、前記ガスの流れ方向に沿って、前記チャンバの壁面及び／又は前記基板上に略一定の厚さを有する境界層を形成させることが望ましい。

- この方法によれば、チャンバの壁面に略一定の厚さの境界層が形成されるので、ガスの流れ方向に沿って均一な流速分布が得られ、雰囲気を取り換え速度を高速に維持できる。さらに、基板上にも略一定の厚さの境界層が形成される場合には、
25 基板主面内の処理の均一性を一層向上させることができる。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の実施の形態にかかる処理装置の側断面図である。

図2は、本発明の実施の形態にかかる処理装置の平面図である。

図3は、本発明の実施の形態にかかる処理装置を用いた場合に形成される境界層を模式的に示す図である。

図4は、ALD処理のフローチャートの一例を示す。

図5は、本発明の他の実施の形態を示す図である。

5 図6A及び図6Bは、本発明の別の実施の形態を示す図である。

図7は、壁面近傍に形成される境界層を模式的に示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本実施の形態にかかる処理装置について、図面を参照して説明する。本
10 実施の形態では、四塩化チタン (TiCl_4) ガスとアンモニア (NH_3) ガスとをアルゴン (Ar) ガスによるパージを挟んでチャンバ内に交互に供給して、半導体ウェハ (以下、ウェハW) の表面に窒化チタン (TiN) 膜を、いわゆる原子膜成膜法 (Atomic Layer Deposition: ALD) を用いて成膜する処理装置を例として説明する。

15 図1に、本実施の形態にかかる処理装置11の側部断面を示す。図1に示すように、処理装置11は、アルミニウム、ステンレススチール等からなる中空のチャンバ12を備える。チャンバ12は、略長方形の縦断面を有して構成され、z軸方向に所定の高さHを有して構成されている。また、略長方形の断面の、x軸方向で対向する両辺には、ガス供給口13と、排気口14と、が形成されている。

20 ガス供給口13には、ガス供給部15が設けられている。ガス供給部15は、 TiCl_4 ガス源16と、 NH_3 源17と、 Ar 源18と、にそれぞれ、マスフローコントローラ19およびバルブ20を介して接続されている。

排気口14には、排気管21が接続されている。排気管21は、自動圧力調整装置 (APC) 22を介して排気装置23に接続されている。排気装置23によ
25 り、チャンバ12内は、所定の真空度まで排気される。

チャンバ12の内部には、ウェハWを載置するための、円板状の載置台24が設けられている。載置台24は、窒化アルミニウムなどのセラミックス等から構成されている。また、載置台24には、図示しない、抵抗発熱体等のヒータが埋設されている。

制御装置 100 は、上記構成を有する処理装置 11 の各構成部の動作を制御する。また、制御装置 100 は、所定の処理を実行するための処理シーケンスを記憶し、この処理シーケンスに基づいて、後述する処理を実行する。なお、制御装置 100 の構成及び詳細な動作については、ここでは説明を省略する。

- 5 図 2 に、チャンバ 12 の平面図を示す。図 2 に示すように、チャンバ 12 は、略三角形形状の断面を有する。チャンバ 12 は、略三角形形状の断面の、y 軸方向に平行な一辺にガス供給口 13 を備え、この一辺に対向する頂点部分に排気口 14 を備える。

- 10 ガス供給口 13 は、図 2 に示すチャンバ 12 の y 軸方向に平行な一辺のほぼ全体にわたるように形成され、ガス供給部 15 は、ガス供給口 13 を覆うように設けられている。ガス供給部 15 は、TiCl₄ガス源 16 と、NH₃源 17 と、Ar 源 18 と、に接続されたガス供給管 25 に接続されている。ガス供給部 15 は内部に中空の拡散部 26 を備え、ガス供給管 25 は拡散部 26 に接続されている。

- 15 また、ガス供給部 15 は、チャンバ 12 の内部に露出した部分に、y 軸方向に略等間隔に配置された複数のガス供給穴 27 を備える。ガス供給穴 27 はそれぞれ拡散部 26 に接続されている。ガス供給管 25 を通過したガスは、拡散部 26 において拡散され、複数のガス供給穴 27 からチャンバ 12 の内部に x 軸方向に供給される。なお、ガスは、拡散部 26 により拡散され、複数のガス供給穴 27 からほぼ等しい供給速度で供給される。

- 20 チャンバ 12 は、ガス供給口 13 から、ガス供給方向（x 軸方向）への距離 Δx におけるチャンバ 12 の y 軸方向の幅 B が、Δx に反比例するように構成されている。一方、x 軸方向のガス流路（チャンバ 12）の断面積 S は、チャンバ 12 の z 軸方向の高さ H と y 軸方向の幅 B との積である。すなわち、ガス流路の断面積 S は、 $S \Delta x = (\text{定数})$ を満たして、ガス供給方向の距離 Δx に反比例する
25 ように構成されている。

ここで、ガス供給口 13 からの距離 Δx における、チャンバ 12 の壁面に形成される境界層の厚さ δ は、流体（ガス）の粘性係数 μ、密度 ρ および流速 U を用いて、式（2）のように表される。

$$\delta = (\mu \Delta x / \rho U)^{1/2} \quad \dots \dots (2)$$

また、流速 U は、マスバランスに基づいて、ガスの流量 Q と、流路断面積 S と、を用いて、 $U=Q/S$ と表わせる。これを式(2)に代入すると、式(3)が得られる。

$$\delta = (\mu S \Delta x / \rho Q)^{1/2} \quad \dots\dots (3)$$

- 5 式(3)において、粘性係数 μ および密度 ρ は、所定のガス成分では一定である。また、流量 Q が一定に制御される場合には、式(3)は、定数 k を用いて、以下のように表される。

$$\delta = k (S \Delta x)^{1/2} \quad \dots\dots (4)$$

- ここで、上述したように、本実施の形態では、チャンバ12は、 $S \Delta x =$ (定数) を満たすように構成されている。従って、式(4)において、境界層の厚さ $\delta =$ (定数) となるので、 x 軸方向の任意の位置において、境界層の厚さ δ は一定となることが理解される。

- このように、チャンバ12内に形成されるガス流路の断面積 S はガス供給口13からの距離 Δx と反比例し、これにより、チャンバ12の壁面近傍に形成される境界層の厚さ δ はほぼ一定となる。処理装置11を用いた場合に形成される境界層の様子を図3に概略的に示す。図3に示すように、供給側から排気側に向かうにつれ、すなわち、 Δx の増大とともに、流路断面積 S (すなわち、幅 B) は漸減し、一方、境界層28の厚さ δ は一定となっている。ここで、流路断面積 S は、チャンバ12内を流れるガスが通過する空間部における、ガスの流れ方向に略垂直な面の面積を表す。

上述したように、チャンバ12は、流路断面積が次第に減少し、境界層28の厚さ δ がほぼ一定となるように構成されている。これにより、ガス供給口13から排気口14にかけてのガスの(x 軸方向の)流速の低下は抑制される。

- また、前述したように、チャンバ12内に導入するガスを切り換えた場合であっても、境界層28内のガスは切り替わり難い。本実施の形態においては、このような境界層28の発達が抑制されているので、短時間でチャンバ12内のガス雰囲気の切り換えを行うことができる。このように、高速な雰囲気の切り換えが可能であることから、高いスループット、および、高い生産性が得られる。

次に、上記のように構成された処理装置11を用いて、ウェハ W 表面に TiN

膜を成膜する方法について、図4を参照して説明する。図4は、本実施の形態におけるTiN膜の形成方法を示すフローチャートである。なお、図4に示すフローチャートは、処理の一例であり、同様の結果物が得られれば、このフローチャートに示された手順に限定されない。

- 5 まず、例えば図示しない搬送アームを動作させてチャンバ12内にウェハWを搬入し、載置台24上に載置する（ステップS11）。続いて、載置台24内部のヒータを制御して、ウェハWを、所定の温度、例えば、450℃に加熱する。また、同時に、チャンバ12内に、Arガスを供給する（ステップS12）。ここで、Arガスは、例えば、200 s c c mの流量に制御されて供給される。
- 10 このとき、チャンバ12内の圧力は、例えば、400 Pa（3 Torr）に保持されている。なお、Arガスは、以下に述べる処理工程中、常にチャンバ12内に流されている。

- 続いて、チャンバ12内に所定時間、例えば、0.5秒間TiCl₄ガスを供給する（ステップS13）。ここで、TiCl₄ガスは、例えば、30 s c c m
- 15 の流量に制御されて供給される。このとき、ウェハWの表面にTiCl₄分子が吸着する。

- 所定時間後、TiCl₄ガスの供給は停止される。この状態で、Arガスは依然として流れており、チャンバ12内は、Arガスによりパージされる（ステップS14）。このとき、ウェハWの表面に吸着した、ほぼ1原子層分のTiCl
- 20 ₄分子を除いて、TiCl₄ガス（分子）は、チャンバ12内から排気され、除去される。

- 次いで、所定時間、例えば、0.5秒間パージを行った後、チャンバ12内に所定時間、例えば、0.5秒間NH₃ガスを供給する（ステップS15）。ここで、NH₃ガスは、例えば、50 s c c mに制御されて供給される。

- 25 このとき、NH₃分子は、ウェハWの表面に吸着したTiCl₄分子と反応し、ほぼ1原子層分のTiN層が形成される。さらに、形成されたTiN層の上には、NH₃分子が吸着する。

 所定時間後、NH₃ガスは停止される。この状態で、Arガスは依然として流れており、チャンバ12内は、Arガスによりパージされる（ステップS16）。

このとき、TiN層上に吸着したほぼ1層分のNH₃分子を除いて、チャンバ12内のNH₃分子は排気され、除去される。

所定時間、例えば、0.5秒間パージを行った後、ステップS13に戻り、チャンバ12内にTiCl₄ガスを供給する。このとき、TiCl₄分子は、TiN層上のNH₃分子と反応し、ほぼ1原子層分のTiN層が新たに形成される。また、このTiN層上に、TiCl₄分子が吸着する。

TiCl₄ガスの供給後、Arガスによるパージを行う（ステップS14）。これにより、TiN層上に吸着したほぼ1原子層分のTiCl₄分子を除いて、TiCl₄分子はチャンバ12内から排気され、除去される。

次に、チャンバ12内にNH₃ガスを供給する（ステップS15）。これにより、NH₃分子とTiN層上に吸着したTiCl₄分子とが反応して、新たなTiN層が形成される。また、このTiN層上にはNH₃分子が吸着する。

NH₃ガスの供給後、Arガスによるパージを行う（ステップS16）。これにより、TiN層上に吸着されたほぼ1原子層分のNH₃分子を除いて、NH₃分子は、チャンバ12外に排気され、除去される。

以降、上記のように、ステップS13～ステップS16の工程を繰り返し、TiN層をほぼ1原子層ずつ積層する。上記工程を所定回数繰り返すことにより、所定厚さのTiN膜が形成される。ここで、制御装置100は、所定厚さのTiN層を形成するために必要な繰り返し回数を記憶している。

ステップS17にて、制御装置100は、ステップS13～ステップS16の工程を、上記必要な回数だけ繰り返したか否かを判別する。所定回数に達していないと判別した場合には（ステップS17：NO）、ステップS13に戻り、上記工程を繰り返す。所定回数に達していると判別した場合には（ステップS17：YES）、Arガスの供給を停止する（ステップS18）。続いて、例えば搬送アームによりウェハWをチャンバ12の外部に搬出する（ステップS19）。以上で、成膜処理は終了する。

以上説明したように、本実施の形態の処理装置11は、ガスの流路断面積が供給側から排気側に向かって次第に減少し、内部の壁面に形成される境界層28の厚さがほぼ一定となるように形成されている。すなわち、処理装置11のチャン

バ12は、その流路断面積が、ガス供給口13からの距離に反比例するように構成され、これにより、排気側における境界層28の拡大は抑制される。

上記のように境界層28の拡大が抑制されているので、高速でガス雰囲気を取り換えることが可能になる。また、チャンバ12内の壁面近傍に形成される境界層28の厚さが従来の処理装置に比較して実質的に低減されるので、雰囲気の切り換えが容易となり、より短時間かつ高速の雰囲気の切り換えが可能となる。これらのことから、高い生産性が得られる。

本発明は、上記実施の形態に限定されず、種々の変形及び応用等が可能である。以下、本発明に適用可能な上記実施の形態の変形態様について、説明する。

10 上記実施の形態では、ガス供給口13には拡散部26を有するガス供給部15を設けるものとした。しかし、ガス供給部15を、図5に示すようなノズル構造としてもよい。図5に示すような構成においても、ノズル構造を有するガス供給部15から供給されるガスがチャンバ12内に供給された直後チャンバ12内に拡散し、ガス供給口13を備えたチャンバ12の壁面全体から供給される場合
15 と近似したガスの流れを実現することができ、同様の効果が得られる。

上記実施の形態では、ウェハWは、載置台24に埋設されたヒータによって加熱するものとした。しかし、ウェハWを、例えば、チャンバ内壁に配設された赤外線ランプ等によって加熱するようにしてもよい。

上記実施の形態では、流路断面積 S ($=HB$) を構成するパラメータの内、 y
20 軸方向の幅 B が、距離 Δx に応じて変化するものとした。しかし、幅 B を一定とし、例えば、図6Aおよび図6Bに示すように、 z 軸方向の高さ H が変化する構成としてもよい。図6Aはチャンバ12の側断面図を示し、図6Bは平面図を示す。

図6Bに示すように、チャンバ12は、 z 軸方向から見て矩形の断面を有し、
25 y 軸方向の幅 B は x 軸方向について一定となっている。また、図6Aに示すように、チャンバ12は、 y 軸方向から見て上底が弧状に形成された略台形形状の断面を有する。すなわち、チャンバ12は、ガスの供給方向 (x 軸方向) に向かって、 z 軸方向の高さ H が漸減するように構成されている。これにより、ガスの流路断面積 S は排気側に向かって漸減し、 Δx の増加に反比例する。従って、上記

実施の形態と同様の効果が得られ、境界層の厚さ δ を一定に維持することができる。この場合、ウェハW上に形成される境界層の厚さもほぼ一定に維持されるので、ウェハW上に成膜される膜の厚さの面内均一性を一層向上させることができる。

- 5 さらに、上記のように、高さHおよび幅Bのいずれか一方がx軸方向に沿って変化するのではなく、双方が $S = H(x) \times B(x) = (\text{定数})$ を満たすように、x軸方向に沿って変化する関数として表わされる構成であってもよい。

- また、チャンバ12の形状は、必ずしも厳密に上式を満たすように構成されていなくてもよく、少なくとも、境界層の厚さ δ がほぼ一定となるように形成されていればよい。

- 上記実施の形態では、チャンバ12の壁面に形成される境界層28のみを考慮した。しかし、載置台24の側面、ウェハWの表面等を考慮して、より詳細に、例えば、有限要素法等の計算手法を用いたシミュレーションを行って、チャンバ12の形状を決定してもよい。

上記実施の形態では、 $TiCl_4$ と NH_3 とを用いて、ウェハWの表面にTiN膜を1原子層ずつ形成するものとした。しかし、ウェハWの表面に形成されるTiN膜は、原子層レベルの厚さを有する層からなる積層膜であればよく、1層の厚さは、1原子層に限定されない。

- 20 上記実施の形態では、 $TiCl_4$ と NH_3 とを用いて、ウェハWの表面にTiN膜を形成するものとした。しかし、膜形成のために用いる物質、および、成膜する膜の種類は、これに限られない。TiN膜の他に、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 TaN 、 SiO_2 、 SiN 、 $SiON$ 、 WN 、 WSi 、 RuO_2 等、他の金属膜であってもよい。また、この場合、使用するガス種は、 $TiCl_4$ の代
- 25 わりに、 $TaBr_5$ 、 $Ta(OC_2H_5)_5$ 、 $SiCl_4$ 、 SiH_4 、 Si_2H_6 、 SiH_2Cl_2 、 WF_6 等のいずれか1種を用い、 NH_3 の代わりに、 N_2 、 O_2 、 O_3 、 NO 、 N_2O 、 N_2O_3 、 N_2O_5 等のいずれか1種を用いることができる。

また、パージガスは、不活性なガスであればよく、Arに限らず、窒素、ネオン等を用いてもよい。

本発明の処理装置 11 は、アニール等の他の処理を行う処理装置と、インラインで接続され、または、クラスタリングされてもよい。

- 本発明の精神及び範囲を逸脱することなく、当業者により上記の実施形態に種々の改良等が加えられるであろう。上記の実施形態は、図解目的であり、
- 5 本発明の範囲を限定するものではない。従って、本発明の範囲は、上記記載を参照するのではなく、下記のクレームが権利を与えられる均等の全範囲に沿って決定されるべきである。

- 本出願は、日本国特願 2002-169321 (2002 年 6 月 10 日受理) を基礎とするものであり、その明細書、請求の範囲、図面及び要約書の内容を含む。この出願の全ての内容は、ここで、援用される。
- 10

産業上の利用の可能性

- 本発明は、成膜処理に限らず、エッチング処理等、複数種のガスを用い、プロセス雰囲気を高速に切り替える必要のあるすべての処理に適用することができる。
- 15

また、本発明は、半導体ウェハに限らず、液晶表示装置用の基板にも適用することができる。

以上説明したように、本発明によれば、高速な雰囲気切り換えが可能な、生産性の高い処理装置及び処理方法が提供される。

請求の範囲

1. チャンバ（１２）と、

前記チャンバ（１２）に設けられ、前記チャンバ（１２）内に所定のガスを
5 供給するためのガス供給口（１３）と、

前記チャンバ（１２）に前記ガス供給口（１３）と対向するように設けられ、
前記チャンバ（１２）内を排気するための排気口（１４）と、

を備える原子層レベルの層から構成される膜を形成する処理装置であって、

前記チャンバ（１２）は、前記ガス供給口（１３）から前記排気口（１４）に向
10 かう前記ガスの流路断面が、前記ガス供給口（１３）から前記排気口（１４）に向
かって漸減するように構成されている、

ことを特徴とする処理装置。

2. チャンバ（１２）と、

前記チャンバ（１２）に設けられ、前記チャンバ（１２）内に複数種のガス
15 を交互に供給するガス供給手段に接続されるガス供給口（１３）と、

前記チャンバ（１２）に前記ガス供給口（１３）と対向するように設けられ、
前記チャンバ（１２）内を排気する排気手段に接続される排気口（１４）と、

を備え、

前記チャンバ（１２）は、前記ガス供給口（１３）から前記排気口（１４）に向
20 かう前記ガスの流路断面が、前記ガス供給口（１３）から前記排気口（１４）に向
かって漸減するように構成されている、

ことを特徴とする処理装置。

3. 前記チャンバ（１２）は、前記ガスの流路断面が、前記ガス供給口（１３）か
らの距離に応じて減少するように構成されている、ことを特徴とする請求項２に記
25 載の処理装置。

4. 前記チャンバ（１２）は、前記チャンバ（１２）内に前記ガスが供給されたと
きに、前記ガスの流れ方向に沿った前記チャンバ（１２）の壁面に形成される境界
層（２８）の厚さが略一定になるように構成されている、ことを特徴とする請求項
2に記載の処理装置。

5. 前記チャンバ（１２）は、前記チャンバ（１２）内に前記ガスが供給されたときに、前記ガスの流れ方向と略平行に前記チャンバ（１２）内に配置された基板上に形成される境界層の厚さが略一定になるように構成されている、ことを特徴とする請求項２に記載の処理装置。

5 6. チャンバ（１２）と、

前記チャンバ（１２）に設けられ、前記チャンバ（１２）内に複数種のガスを交互に供給するガス供給手段に接続されるガス供給口（１３）と、

前記チャンバ（１２）に設けられ、前記チャンバ（１２）内を排気する排気手段に接続される排気口（１４）と、

10 を備え、

前記チャンバ（１２）は、前記ガスの供給方向に対して略垂直の方向から見て略三角形の断面を有し、前記ガス供給口（１３）は前記断面の一边のほぼ全体に設けられ、前記排気口（１４）は前記断面の前記一边に対向する頂点部分に設けられている、

15 ことを特徴とする処理装置。

7. チャンバ内に複数種のガスをガス供給口から交互に供給して、前記チャンバ内の雰囲気を取り換えながら、前記チャンバ内に配置された基板を処理する方法であって、

20 前記ガス供給口から所定のガスを前記チャンバ内に供給するガス供給ステップと、

前記ガス供給ステップにて供給された前記所定のガスを、前記ガス供給口からの距離に応じて減少する流路断面を有するように、前記チャンバ内を流すガス流通ステップと、

を備えることを特徴とする処理方法。

25 8. 前記ガス流通ステップにて、前記ガスの流れ方向に沿って、前記チャンバの壁面及び／又は前記基板上に略一定の厚さを有する境界層を形成させる、

ことを特徴とする請求項７に記載の処理方法。

1/7

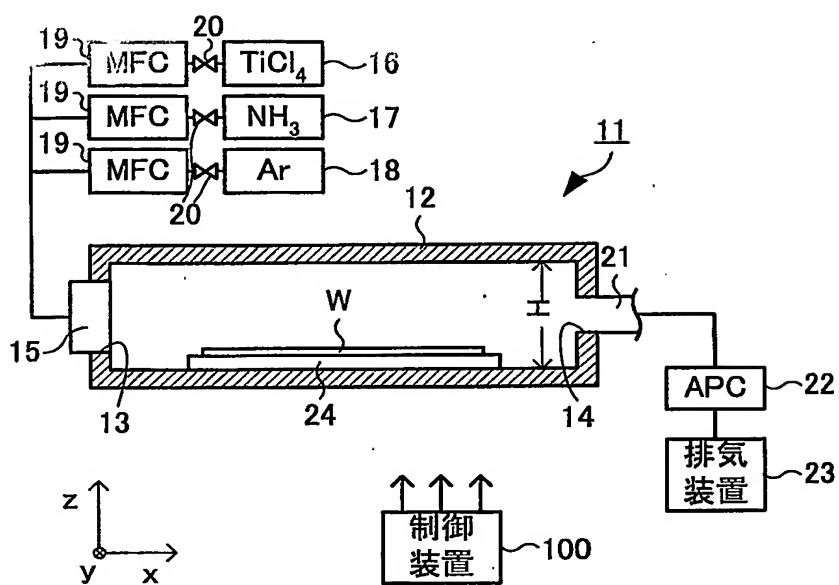


図1

2/7

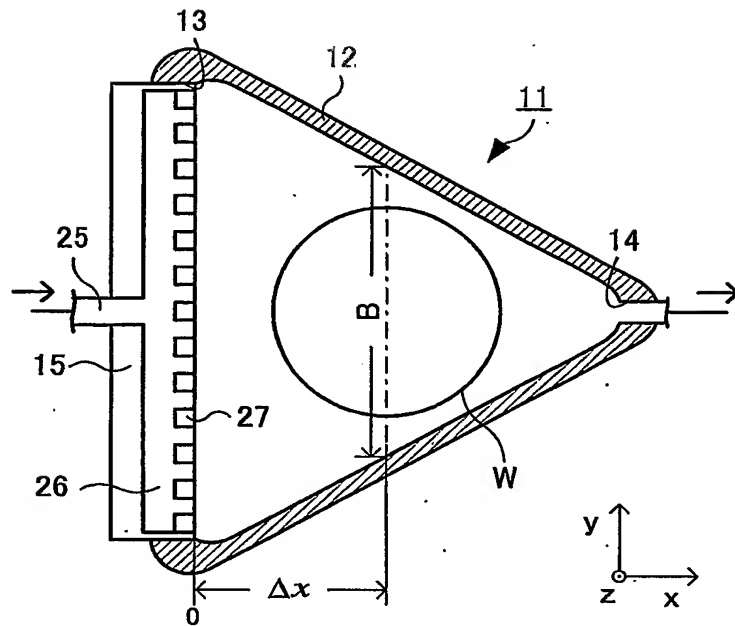


図2

3/7

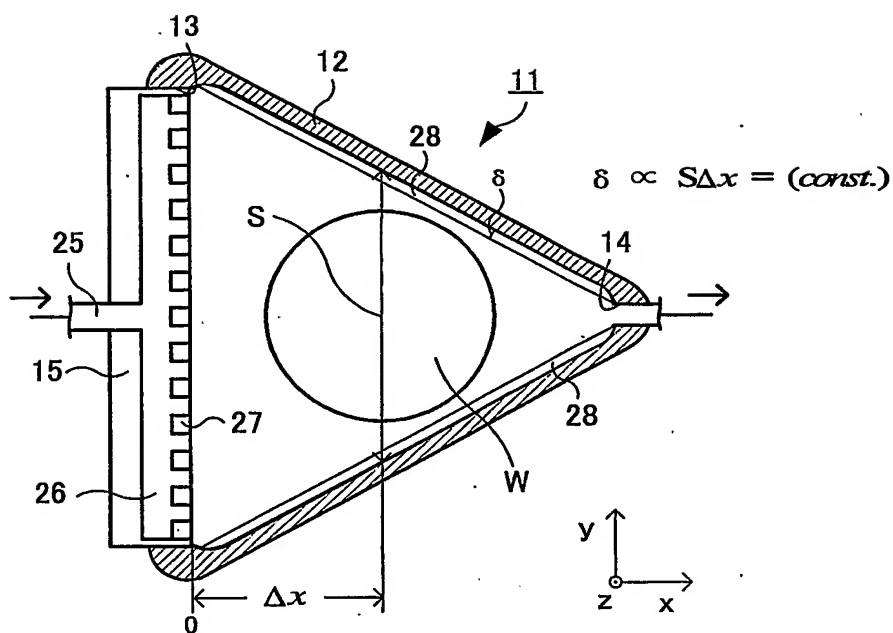


図3

4/7

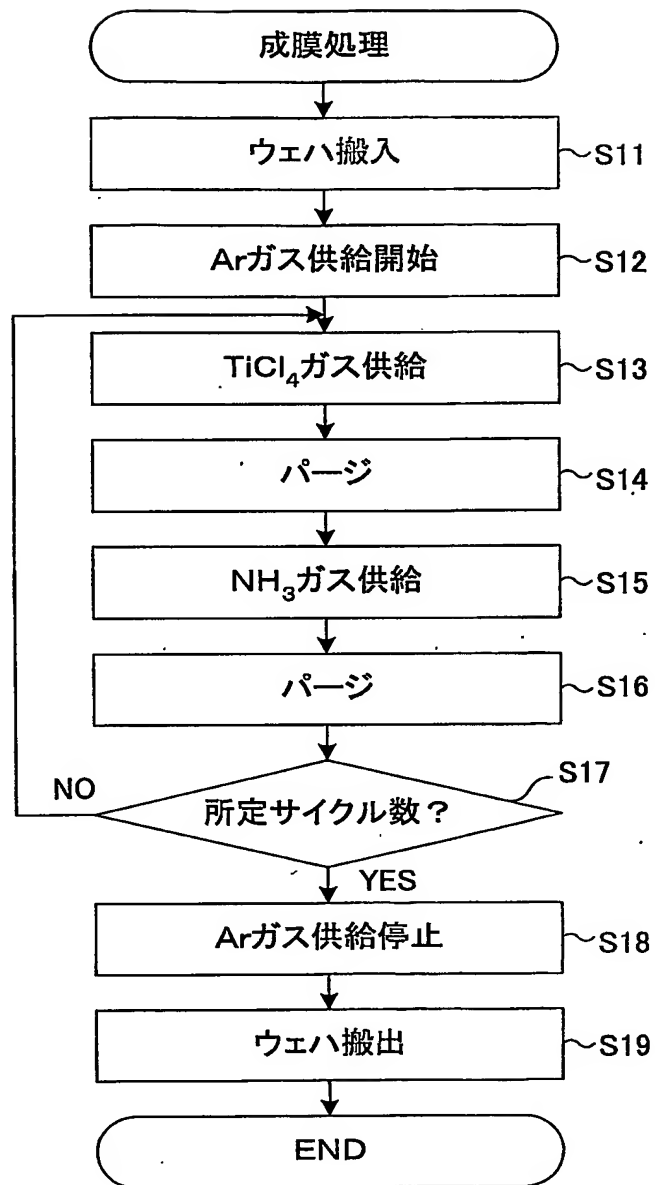


図4

5/7

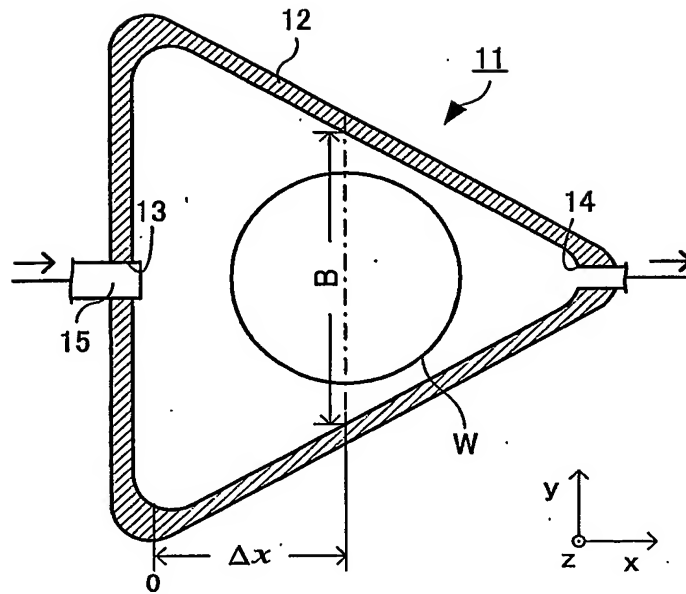
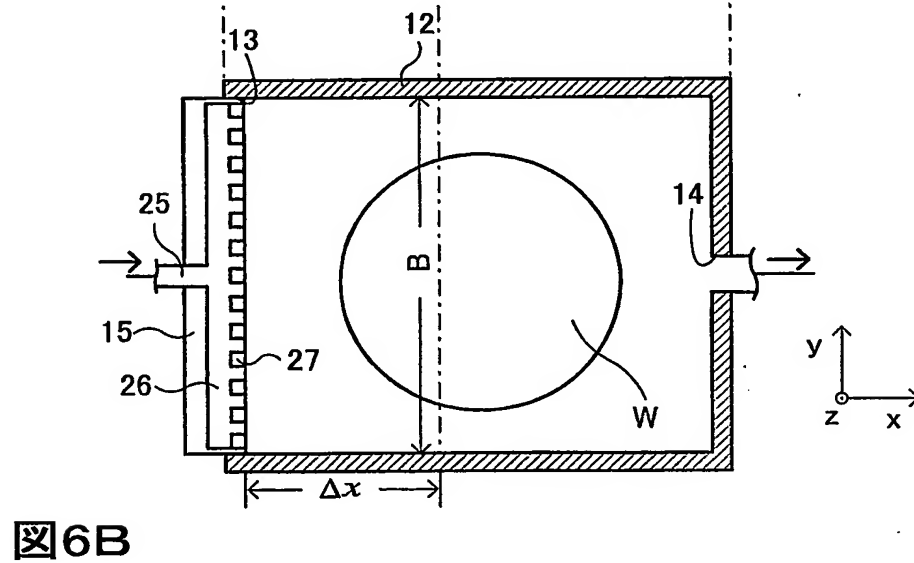
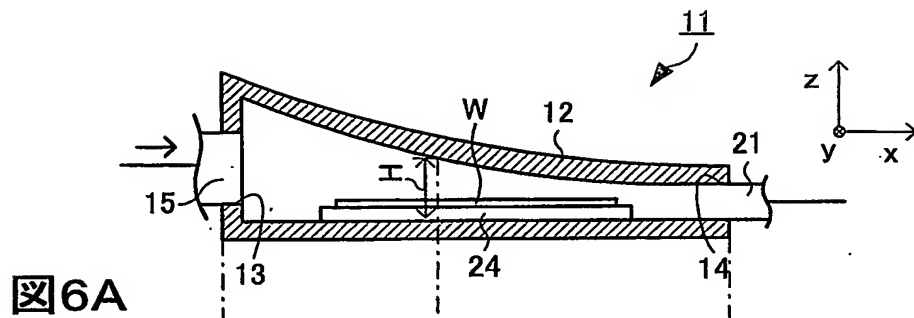


図5

6/7



7/7

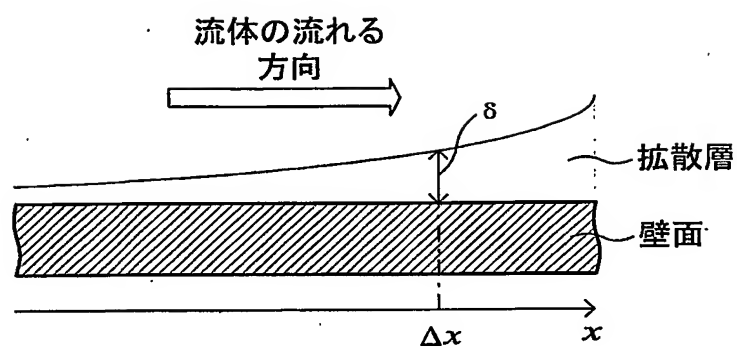


図7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07293

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C23C16/455, H01L21/31

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C23C16/00-16/56, C23C14/00-14/58, H01L21/205, H01L21/31

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 08-279465 A (Hitachi Cable, Ltd.), 22 October, 1996 (22.10.96), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1 2-8
A	JP 64-054723 A (Sony Corp.), 02 March, 1989 (02.03.89), Claims (Family: none)	1-8
A	JP 61-077696 A (NEC Corp.), 21 April, 1986 (21.04.86), Claims (Family: none)	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 20 August, 2003 (20.08.03)	Date of mailing of the international search report 02 September, 2003 (02.09.03)
---	---

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.


INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07293

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-269652 A (NEC Corp.), 21 April, 1999 (21.04.99), Full text & KR 99074809 A & TW 384315 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ C23C16/455, H01L21/31		
B. 調査を行った分野		
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))		
Int. Cl ⁷ C23C16/00-16/56, C23C14/00-14/58, H01L21/205, H01L21/31		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの		
日本国実用新案公報 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2003年 日本国登録実用新案公報 1994-2003年 日本国実用新案登録公報 1996-2003年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 08-279465 A (日立電線株式会社) 1996. 10. 22, 特許請求の範囲, 図1 (ファミリーなし)	1 2-8
A	JP 64-054723 A (ソニー株式会社) 1989. 03. 02, 特許請求の範囲, (ファミリーなし)	1-8
A	JP 61-077696 A (日本電気株式会社) 1986. 04. 21, 特許請求の範囲, (ファミリーなし)	1-8
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	20.08.03	国際調査報告の発送日
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 板谷 一弘  4G 3028 電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-269652 A (日本電気株式会社) 1999. 04. 21, 全文, & KR 99074809 A, & TW 384315 A	1-8

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.